

# 我国气象卫星及应用发展与展望

宏 观<sup>1</sup> 张文建<sup>2</sup>

(1. 北京大学物理学院大气科学系, 北京 100871; 2. 中国气象局)

**提 要:** 截止到 2008 年 6 月底, 我国已成功发射了 4 颗风云一号极轨气象卫星、1 颗风云三号极轨气象卫星和 4 颗风云二号静止气象卫星。目前, 风云一号 D 星、风云二号 C 和 D 星在轨业务运行, 风云三号 A 星正在在轨测试中。我国的气象卫星已初步实现了业务化、系列化, 率先实现了国防科工委提出的我国遥感卫星从试验应用型向业务服务型转变的目标。同时, 我国也已成为世界上同时拥有极轨和静止两个系列气象卫星的 3 个国家或国家集团之一。世界气象组织已将风云一号系列、风云二号系列和风云三号系列卫星纳入全球业务应用气象卫星序列, 使我国风云卫星成为全球综合地球观测系统的重要成员。我国气象卫星在我国国民经济建设和防灾减灾中发挥了重要作用, 也为区域, 乃至全球许多国家的发展做出了重要贡献。回顾了我国气象卫星及地面应用系统的发展历程, 简要总结了我国气象卫星应用所取得的重要成绩, 同时对未来我国气象卫星的发展趋势和发展目标等进行了展望。

**关键词:** 气象卫星 应用 发展 展望

## Development and Prospects of Chinese Meteorological Satellite and application

Hong Guan<sup>1</sup> Zhang Wenjian<sup>2</sup>

(1. Department of Atmospheric Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing 100871;  
2. China Meteorological Administration)

**Abstract:** Until the end of June 2008, China has successfully launched 4 FY-1 polar orbit meteorological satellites, 1 FY-3 polar orbit meteorological satellite and 4 FY-2 geostationary meteorological satellites. Now satellite FY-1D, FY-2C and D are put in operational use, and FY-3A is in its testing period. Chinese Meteorological Satellites have primarily realized operation and series, firstly practiced the goal presented by the Committee of Defense Science & Technology Industry, which is the changing of meteorological satellite from testing type to service type. At the same

收稿日期: 2008 年 6 月 16 日; 修定稿日期: 2008 年 8 月 1 日

time, China has become the nation that has both polar and geostationary meteorological satellites series after Russia and US. WMO has put FY-1, FY-2 and FY-3 meteorological satellites into global application meteorological satellite series, so chinese meteorological satellites became important number of Global earth observation system. Chinese meteorological satellites played a significant role in national defense construction and disaster prevention and mitigation and also made significant contribution to economic development of regional and many nations in the world. The developing course of Chinese Meteorological Satellite and ground application system is reviewed. Also the achievement of meteorological satellite application is briefly summarized, and the developing trend and new target of Chinese meteorological satellite in the future is prospected.

**Key Words:** meteorological satellite application development prospect

## 引 言

1988年9月7日我国成功发射风云一号A极轨气象卫星,从此揭开了我国气象卫星及其应用事业的新篇章。截止到2008年6月底,我国已成功发射了4颗风云一号极轨气象卫星,1颗风云三号极轨气象卫星和4颗风云二号静止气象卫星。目前,风云一号D星、风云二号C星和D星在轨稳定业务运行,风云三号A星正在在轨测试中。我国的气象卫星已初步实现了业务化、系列化,并率先实现了国防科工委提出的我国应用卫星从试验应用型向业务服务型转变的目标,同时我国也成为国际上同时拥有静止和极轨业务气象卫星的3个国家或国家集团之一。世界气象组织已将风云一号、风云二号和风云三号卫星系列纳入全球业务应用气象卫星序列,使我国风云卫星成为全球综合地球观测系统(图1,见彩页)的重要成员。也正是由于我国气象卫星及应用事业在国际上的地位和影响,我国已经成为全球综合地球观测组织执委会成员,与美国、欧盟和南非共同主持全球综合地球观测系统计划的实施,推动全球综合地球观测系统的建设,造福于人类。

我国风云卫星的数据政策是全球免费共享,目前已经应用在天气预报、气候预测、自

然灾害和环境监测、信息传输和科学研究等多个重要领域;在气象、海洋、农业、林业、水利、航空、航天等部门及企业得到了越来越广泛的应用,为我国国民经济建设和防灾减灾发挥了重要作用,也为区域,乃至全球许多国家的发展做出了重要贡献。

## 1 我国气象卫星和卫星气象事业的发展历程

我国卫星气象事业的发展最早从1969年开始,我国科技人员在认真调研分析的基础上,通过对旧设备改造、加工和研制,在不到半年时间内,就研制出我国第一台APT(自动图像传送)接收设备,并立即在中央气象台投入业务使用,主要任务是接收和利用美国的第一代业务极轨气象卫星的APT云图,从此,气象卫星开始在我国的气象业务中发挥作用。

### 1.1 我国气象卫星发展

经过近20年的筹划和研制,1988年9月7日,我国自行研制的第一颗极轨气象卫星风云一号A星发射成功,卫星图像清晰,层次丰富。虽然风云一号A星只工作了短短的39天,但其成功的意义深远,标志着我国正式成为拥有气象卫星的国家,我国气象卫星及应用从此进入了快速发展的新阶段。

1990年9月3日发射成功的风云一号B星在轨正常运行了5个半月时间,后经抢救后又断续运行了一年多时间,其发送的卫星云图资料在气象业务中得到应用,并为气候研究积累了大量珍贵的历史资料。

1999年5月10日和2002年5月15日发射成功的风云一号C星和风云一号D星,遥感探测器的通道数量增加到10个,卫星运行状况和寿命均达到业务运行的水平,风云一号C星在轨业务运行4年零9个月,风云一号D星至今业务运行,这两颗卫星在森林草原火灾、水灾、大雾、雪灾、沙尘暴等灾害和环境监测和国防建设方面发挥了非常重要的作用,同时也被世界气象组织纳入全球业务

应用气象卫星序列之中。

2008年5月27日,我国新一代极轨气象卫星风云三号A星在太原卫星发射中心成功发射,它将实现全球、全天候、多光谱、三维、定量探测,并广泛应用于天气预报、灾害与环境监测、气候变化研究等领域,极大提升我国防灾减灾和应对气候变化的能力。风云三号首发星的成功发射为该星效益的发挥奠定了坚实的基础,特别是在全国人民抗震救灾的关键时刻,弘扬了中华儿女的民族精神,同时还将为抗震救灾以及北京奥运会的气象保障服务提供重要的科技支撑。表1给出了我国已发射极轨气象卫星简况。

表1 我国已发射的极轨气象卫星

卫星名称	发射时间	性质	正常运行时间	主要载荷
风云一号 A(FY-1A)	1988.9.7	试验	39天	5通道可见光红外扫描辐射计、空间环境监测仪
风云一号 B(FY-1B)	1990.9.3	试验	5个半月	5通道可见光红外扫描辐射计、空间环境监测仪
风云一号 C(FY-1C)	1999.5.10	业务	4年9个月	10通道可见光红外扫描辐射计、空间环境监测仪
风云一号 D(FY-1D)	2002.5.15	业务	至今运行	10通道可见光红外扫描辐射计、空间环境监测仪
风云三号 A(FY-3A)	2008.5.27	试验	在轨测试中	10通道可见光红外扫描辐射计、红外分光计、中分辨率光谱成像仪、微波成像仪、微波温度计、微波湿度计、臭氧垂直探测器、臭氧总量探测器、地球辐射监测仪、太阳辐射监测仪、空间环境监测仪

我国静止气象卫星的发展历程较为坎坷。1994年4月7日,风云二号01星在测试厂房发生爆炸;1997年6月10日发射成功的风云二号A星在轨运行10个月后发生消旋系统故障;2002年6月25日发射成功的风云二号B星在轨运行8个月后发生数据传输系统故障,经抢救后转入有限业务运行,后又发生扫描辐射计二扫不同步的故障,转入北半球有限运行模式。虽然风云二号A星和风云二号B星没有达到设计寿命,但是在其有限的运行时间里,在台风、暴雨等监测和预警中发挥了重要作用,同时为后续卫星的研制和改进积累了可贵的经验和教训。

2004年10月19日和2006年12月8日发射成功的风云二号C星和D星,实现了我国静止气象卫星“双星观测、互为备份”,并在主汛期实现了每15分钟获取一次云图,显著提高了我国静止气象卫星的观测能力。风云二号C/D卫星业务运行以来,对西太平洋生成的72个台风,特别是登陆我国的23个台风进行了连续、准确地监测,在暴雨、大雾、南方低温雨雪冰冻灾害天气、沙尘暴和森林草原火灾等灾害监测预警中发挥了至关重要的作用。《风云二号C星及地面应用系统》获得2007年度国家科技进步一等奖。表2给出了我国发射静止气象卫星简况。

表 2 我国已发射的静止气象卫星

卫星名称	发射时间	性质	正常运行时间	主要载荷
风云二号 A (FY-2A)	1997. 6. 10	试验	10 个月	3 通道可见光红外自旋扫描辐射计、空间环境监测仪
风云二号 B (FY-2B)	2000. 6. 25	试验	8 个月	3 通道可见光红外自旋扫描辐射计、空间环境监测仪
风云二号 C (FY-2C)	2004. 10. 19	业务	至今业务运行	5 通道可见光红外自旋扫描辐射计、空间环境监测仪
风云二号 D (FY-2D)	2006. 12. 8	业务	至今业务运行	5 通道可见光红外自旋扫描辐射计、空间环境监测仪

## 1.2 地面应用系统发展

我国气象卫星地面应用系统在以国家卫星气象中心和北京、广州、乌鲁木齐、佳木斯和北极吉律纳 5 个卫星地面站(2008 年前为北京、广州和乌鲁木齐 3 个地面站)为主体,同时还包括 31 个省级卫星遥感应用中心和 500 多个卫星资料接收利用站,形成了国家、省、地三级组成的卫星遥感应用体系。目前,我国气象卫星地面应用系统可接收和利用我国 FY-1D、FY-2C、FY-2D, FY-3A, 美国 NOAA 系列、EOS/MODIS 系列, 日本 MT-SAT-1R, 欧洲 METEOSAT 系列和 MSG 等 12 颗卫星资料。同时,还通过 GTS、专用网络和国际互联网接收和下载国内外有关遥感卫星的资料和产品。

自 1974 年起,我国就开始卫星资料接收处理的调研和可行性论证。1978 年开始北京、广州、乌鲁木齐地面站的选址和勘察工作,1982 年开始建设风云一号气象卫星地面应用系统,1987 年 12 月建设完成。12 月 26 日举行国家验收,国家验收委员会根据《验收大纲》进行综合检验,一致认为:总体设计合理、功能完备,符合设计要求,给予“优良”的最高评价,予以正式验收,交付使用。为保证风云一号 02 批气象卫星资料的接收和应用,1997 年开始进行风云一号 02 批气象卫星地面应用系统建设,1999 年 4 月全部建设完成。

经过风云一号 4 颗卫星在轨运行的检验证明,风云一号气象卫星地面应用系统与卫星匹配良好,运行稳定。其接收和处理的大

量风云一号卫星及美国 NOAA 卫星资料,在气象业务和服务中发挥了重要作用。风云一号气象卫星地面系统是我国建设的第一个气象卫星地面应用系统,在建设过程中培养出一支掌握了系统建设、资料接收处理和系统运行管理的技术队伍,为以后我国气象卫星地面应用系统的建设和发展奠定了坚实基础。

风云二号静止气象卫星地面应用系统从 1989 年开始建设,1994 年完成建设任务,由于风云二号 01 星发生事故,1994 年开始对地面系统的可靠性进行提高,1997 年 6 月风云二号 A 星发射后,成功实现对卫星的业务运行控制、云图获取、数据传输等功能,1997 年 11 月通过国家验收。为保证风云二号气象卫星地面应用系统对 2 颗卫星的运行管理,从 1998 年开始风云二号双星管理扩建工程的建设,2000 年建成后实现了对风云二号 A 星和 B 星的业务运行和管理。

为适应风云二号 02 批气象卫星的发展,从 2002 年开始建设风云二号 02 批气象卫星地面应用系统,2004 年建成后,经卫星和地面应用系统的测试表明,星地系统协调匹配,工作稳定。2005 年 12 月通过了中国气象局组织的验收。目前,风云二号 02 批地面应用系统可提供 5 种图像产品、16 种定量产品和 6 种人机交互产品。图 2 给出了一张风云二号卫星云图(见彩页)。

为保证我国新一代极轨气象卫星——风云三号卫星资料的接收和应用,从 2005 年开始建设风云三号气象卫星地面应用系统一期工程,该工程主要由国家级卫星资料处理中

心和北京、广州、乌鲁木齐、佳木斯、北极吉律纳(租用国外站)5个卫星地面站和200多个用户利用终端组成。2008年5月29日至6月5日,风云三号地面应用系统接收到风云三号A星的HRPT、MPT和DPT三个信道传输的全部11个有效载荷的资料,星地系统协调匹配,数据处理、传输和存储正常,目前正在配合进行风云三号A星的在轨测试。

## 2 应用效益

气象卫星作为我国最早发展的对地观测卫星,其应用领域越来越广泛,应用服务能力不断加强。目前,气象卫星已成为天气预报预警、重大自然灾害监测、农业生态及环境监测、气象及环境科学研究等不可或缺的重要基础空间设施,在气象防灾减灾、气候变化监测等工作中发挥着支撑作用。

风云二号C/D双星在历史上首次实现了15分钟加密连续观测,对台风、暴雨等强天气系统和短时临近灾害性中小尺度天气系统的监测预警能力明显增强。卫星数据同化技术的发展提升了我国数值天气预报的技术水平和能力。自风云二号C/D星业务服务开始到2008年5月底,对太平洋生成的77个台风,其中登陆我国的全部24个台风监测无一漏网,特别是对“海棠”、“桑美”、“罗莎”等历史罕见的超强台风的有效监测,显著减少了台风对人民生命和国家财产造成的损失。图3(见彩页)给出了风云二号C星监测的0601号台风珍珠的图像。可以说,气象卫星为大大提升我国台风监测、预报技术水平和防御能力做出了巨大贡献。风云系列卫星在2006年南方流域性暴雨洪涝、东北特大森林大火、川渝高温干旱、2007年淮河流域暴雨洪涝、2008年南方低温雨雪冰冻等极端气象灾害,以及影响我国和北京地区沙尘暴过程的监测预报服务中表现尤为出色。图4~

7(见彩页)给出了风云系列卫星监测的大雾、火情、沙尘暴、干旱的图像。

我国气象卫星数据采用公开共享的策略,有力地促进了气象卫星综合效益的发挥。据不完全统计,国内接收与利用风云卫星资料的用户超过2500家,卫星观测资料在气象、军队、水文、海洋、农业、林业、民航、交通、电力等部门均得到了广泛应用;风云气象卫星作为世界气象组织的业务卫星系统,在全球以及周边国家和地区产生了巨大的影响,美国、欧洲、日本、澳大利亚及我国香港和澳门地区等都把我国气象卫星资料作为重要的观测数据源。2005年1月6日,温家宝总理在出席印度洋海啸高峰领导人会议时,特别提到中国愿意与受灾国家分享中国风云卫星的有关资料和产品,为区域各国气候预测、环境监测、灾害评估提供信息和技术支持。

气象卫星资料和产品在多国家、多部门和多行业的综合应用,最大限度地发挥了气象卫星的应用效益,气象卫星的投入产出比达1:40以上,堪称民用航天的典范。

## 3 未来展望

进入21世纪,党中央国务院确立了在本世纪头20年全面建设小康社会的宏伟目标,提出了坚持以人为本,树立全面、协调、可持续发展的科学发展观。党的十七大报告中,提出要“强化防灾减灾工作”和“加强应对气候变化能力建设”。随着全球气候变暖,极端气象灾害发生的频率明显增加,面对我国气象防灾减灾的严峻形势和党中央的要求,中国气象局提出要积极构建现代气象业务体系,为全面建设小康社会提供强有力的气象保障。其中,以卫星观测为代表的气象综合观测体系是现代气象业务体系的基础和重要组成部分。

### 3.1 发展目标

根据《中国气象事业发展战略研究》和《我国气象卫星及应用“十一五”规划和2020年远景目标》，我国的气象卫星观测的发展目标是：

2012年前，建立由风云二号和风云三号等多种卫星组成的、可靠的对地综合观测业务平台，提高卫星数据的量化处理和在天文分析、数值预报、地球环境领域的应用水平，完善卫星数据和产品的共享体系。使我国卫星观测及应用水平达到20世纪末世界先进水平。

2020年前，建立以风云三号、风云四号系列卫星为代表的高、低轨道业务卫星组成的综合对地观测平台，实现对地球气候系统五大圈层及其相互作用的连续、稳定、可靠观测。卫星观测的时间、空间、光谱分辨率和辐射测量精度显著提高，对中、小尺度天气和地球环境的探测能力明显增强；量化的卫星数据和产品在气象预报以及地球环境监测预测中被各级业务、科研部门广泛应用，我国地基观测及应用整体水平接近同期世界先进水平。

### 3.2 发展趋势

借鉴国外气象卫星的发展经验，结合我国气象卫星发展的实际，未来我国气象卫星的发展趋势是：一是向对地综合观测方向发展，即充分利用卫星观测平台资源，安装多种遥感仪器，实现对地球系统全面综合的观测；二是向“四高两全一多”方向发展，即向高空空间分辨率、高时间分辨率、高光谱分辨率、高辐射准确度以及全球、全天候、多波段观测方向发展；三是向主动和被动多源遥感相结合方向发展；四是遥感应应用向定量和地球系统领域发展。

### 3.3 重点工程

未来我国气象卫星及应用的发展目标必须依托具体的工程项目来实现，2020年前，我国气象卫星及应用的主要工程项目如下：

(1) 风云二号02批静止卫星。02批卫星是在风云二号A、B两颗试验卫星后发展的业务卫星，其主要改进的是可见光红外自旋扫描辐射计由试验星的3通道增加到5通道。02批包括三颗卫星，已发射风云二号C星和D星，目前在轨“双星运行、互为备份”，计划2008年底发射风云二号06星。

(2) 风云二号03批静止卫星。03批卫星也是业务卫星，共包括3颗卫星，卫星主要技术状态与02批保持一致，主要改进为卫星的设计寿命将由02批的3年提高到4年，计划在2010—2014年发射。

(3) 风云四号静止卫星。风云四号是我国第二代静止气象卫星，包括光学和微波两种类型的卫星。目前已完成光学星关键技术攻关，计划2008年底前立项，2013年前后发射首颗试验卫星。风云四号卫星将在观测能力上比风云二号卫星有较大提高，首先，多通道扫描辐射计在观测谱段、灵敏度、动态范围、数据量化等级、空间分辨率、时间分辨率等重要技术指标和在轨定标等方面比风云二号卫星上一个台阶；其次，探测内容将有较大拓展，将在静止轨道上实现对大气温度、湿度的三维探测，对闪电和地球辐射收支探测等；第三，在空间环境探测的项目和能力方面也有新的拓展和提高。

(4) 风云三号01批极轨卫星。包括2颗卫星，2008年5月已成功发射风云三号A星，计划2010年发射02星。风云三号卫星的主要任务是为天气预报，特别是为中期数值天气预报提供全球的温、湿廓线以及云、辐射等气象参数；监测大范围气象及其衍生自然灾害和生态环境变化；监测全球环境变化，

为研究全球气候变化规律,气候诊断和预测提供所需的地球物理参数;为航空、航海、农业、林业、海洋、水文等等国民经济多领域提供全球及地区的气象信息。

与风云一号卫星相比,风云三号卫星所携带的遥感仪器由2台增加到11台,光谱覆盖范围从红外、可见光拓展到微波探测,最高空间分辨率由1km提高到250m,并实现了对大气的垂直探测、全球臭氧总量和垂直分布、太阳和地球辐射等的探测,可在数值天气预报、生态环境、空间环境监测气候变化研究和方面做出更大的贡献。

(5) 风云三号02批极轨卫星。计划发展由风云三号上午星、下午星组成的业务卫星系列的同时,发展低倾角降水测量雷达卫星,组成三星组网的地球观测新网络。使得极轨卫星探测的时间分辨率得到提高,同时增加了对全球中低纬度地区的降水探测能力,也提高业务运行的稳定性和可靠性。

(6) 夸父空间天气探测卫星。夸父计划是由三颗小卫星组成的空间天气探测监测系统。夸父A星位于日地连线上距地球150万公里的日-地/月系统第一拉格朗日点(即L1点)上;夸父B1星和夸父B2星在同样的地球极轨上共轨飞行。目前正在进行背景型号研究,计划在2012年发射。

在发展上述卫星的同时,还将建设相应的地面应用系统,负责卫星资料的接收、处理、传输、存储和分发等工作,以确保卫星应用效益的充分发挥。

## 4 结语

回顾过去,我们历经坎坷,铸就辉煌;展

望未来,前景广阔,充满希望。经过几代人的艰辛努力,我国已经建立了自己的气象卫星观测体系及应用服务体系,并在国民经济建设和防灾减灾中发挥了重要作用,同时也为未来我国气象卫星进一步发展奠定了良好的基础。我国的气象卫星也已融入国际业务气象卫星观测体系,受到广泛赞誉的中国气象卫星的开放共享数据政策使世界各地的用户均可受益,这体现了我国气象和航天事业对全国乃至全世界的贡献,同时也反映出气象事业与航天事业的密切联系。在新世纪新阶段,让我们共同携手,加快发展具有当代国际水平的我国气象卫星及应用系统,为全面建设小康社会做出新的更大的贡献!

## 参考文献

- [1] 丑纪范,赵柏林,章国材,等.中国气象事业发展战略研究现代气象业务卷[M].北京:气象出版社,2004:56-83.
- [2] 国防科工委,中国气象局.“九五”后两年至2010年我国气象卫星及应用发展计划[R].1999:10-33.
- [3] 中国气象局.我国气象卫星及应用“十一五”规划和2020年远景目标[R].2006:1-39.
- [4] 国防科工委.中国航天50年回顾[M].北京航空航天大学出版社.2007:46-48,234-252,302-307,324-328.
- [5] 许健民,杨军.风云二号C卫星产品应用研究论文集[M].北京:气象出版社,2007:3-13,46-104.
- [6] 董超华.风云三十年,国家卫星气象中心成立30周年纪念1971-2001[R].2001:1-62.
- [7] 张人禾,徐祥德.中国气候观测系统,北京:气象出版社,2008:25-27,222-238.
- [8] 张文建,等.卫星遥感监测大气与环境科学原理和技术[M].北京:气象出版社,2004:30-73.

# 宏观等：我国气象卫星及应用发展与展望

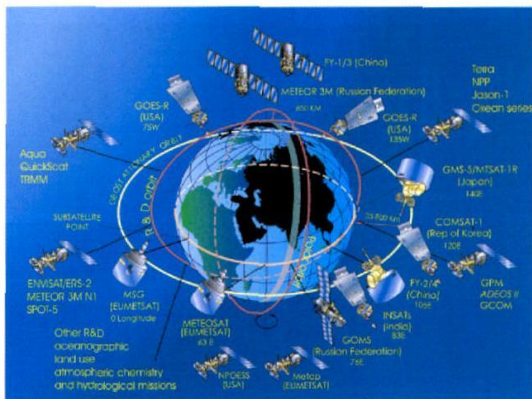


图1 WMO全球卫星观测系统

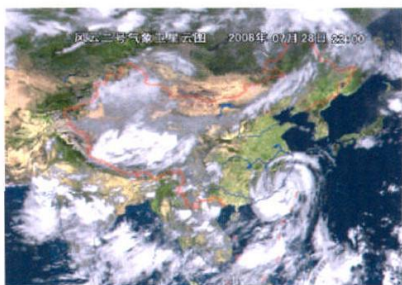


图2 风云二号卫星监测到的影响我国的主要天气系统



图3 2006年5月16日FY-2C星台风监测图像



图4 2002年3月1日FY-1C星监测到北京、天津、河北等地区的大雾天气

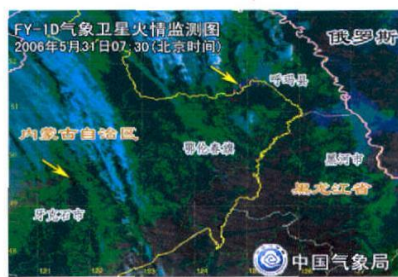


图5 2006年5月31日FY-1D星火情监测图像

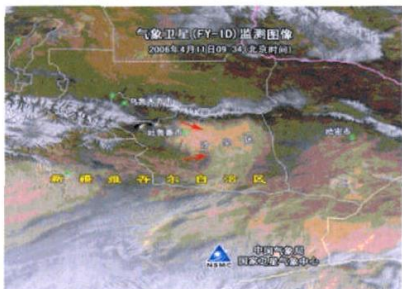


图6 2006年4月11日FY-1D星监测的沙尘暴图像

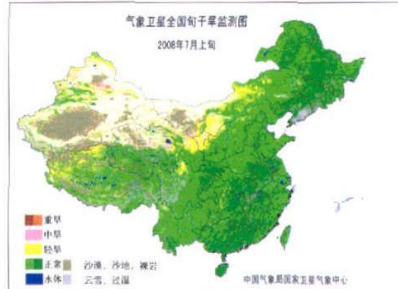


图7 利用气象卫星监测全国干旱情况